

## СУПЕРПОЗИЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ СУСПЕНЗИЙ

© Дадашев Райком Хасимханович (а), Джамбулатов Роман Суламбекович (б)

(а) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный; отдел физико-математических исследований, главный научный сотрудник. Академия наук Чеченской Республики, Российская Федерация, г. Грозный; raykom50@mail.ru

(б) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный; отдел физико-математических исследований, заведующий отделом, научный сотрудник. Чеченский Государственный Университет им. А.А. Кадырова, Российская Федерация, г. Грозный; asldzam@mail.ru

**Аннотация.** Работа посвящена методу, позволяющему нивелировать влияние седиментации на величину поверхностного натяжения суспензий. Для этого используются методы измерения поверхностного натяжения, в которых процесс седиментации разнонаправлен относительно исследуемой поверхности. Анализ полученных результатов показывает, что предложенный метод. Это позволяет практически исключить влияние процесса осаждения частиц твердой фазы на поверхностное натяжение систем, обладающих низкой кинетической устойчивостью. С помощью предложенного метода изучена зависимость концентрации твердой фазы на величину поверхностного натяжения водных суспензий бентонита в диапазоне 1-5% от твердой фазы.

**Ключевые слова:** Бентонит, поверхностное натяжение, суспензия, изотерма, твердая фаза, поверхностный слой.

## SUPERPOSITION OF THE RESULTS OF SURFACE TENSION MEASUREMENTS OF SUSPENSIONS

© Dadashev Raykom Khasimkhanovich (a), Dzhambulatov Roman Sulambekovich (b)

(a) Kh. I. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; Department of Physical and Mathematical Research, head of department, senior scientist. Academy of Sciences of the Chechen Republic, Russian Federation, Grozny; raykom50@mail.ru

(b) Kh. I. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; Department of Physical and Mathematical Research, researcher. Chechen State University. A.A. Kadyrov Chechen State University, Russian Federation, Grozny; asldzam@mail.ru

**Abstract.** This work is devoted to a method that allows us to neutralize the effect of sedimentation on the value of the surface tension of suspensions. For this purpose, surface tension measurement methods are used in which the sedimentation process is multidirectional with respect to the surface under study. Analysis of the obtained results shows that the proposed method makes it possible to practically exclude the effect of sedimentation on the value of surface tension of disperse systems having low kinetic stability. The concentration dependence of surface tension of aqueous suspensions of bentonite in the range of 1 - 5 mass % of solid phase was studied using the proposed method.

**Key words:** bentonite, surface tension, suspension, isotherm, solid phase, surface layer.

**Введение.** Бентонит – глинистый природный минерал, который применяется в различных областях человеческой деятельности. Спектр использования бентонитов весьма широк и простирается от применений в пищевой промышленности до укрепления гидротехнических сооружений и приготовления буровых растворов.

Анализ состояния исследования высокодисперсного бентонита показывает, что имеется значительный объем экспериментальных и теоретических данных о влиянии дефектов решетки на кристаллическую структуру и ряде практически важных свойств дисперсных [1,5,7-10].

Во многих практических случаях используются поверхностные свойства суспензий бентонита. Известные методы физико-химического анализа нацелены на измерение и изучение поверхностных свойств однородных веществ. Существующий практический запрос на исследование поверхностных свойств дисперсных систем остаётся неудовлетворённым. В частности, до настоящего времени отсутствовал надёжный способ измерения поверхностного натяжения (ПН) суспензий, позволяющий учитывать влияние седиментационного фактора на величину ПН. Поэтому дальнейшая разработка новых способов и решений для определения величины ПН суспензий до сих пор остается актуальной задачей.

### Теоретическая часть

При разработке методики, позволяющей получать воспроизводимые значения ПН, необходимо учитывать то, что суспензии бентонита отличаются сложным химическим составом и структурой, что значительно затрудняет изучение целого ряда практически важных свойств [1,5,7-9].

Суспензия бентонита представляет собой полидисперсную систему, в процессе формирования которой наблюдаются седиментация, приводящая к изменению концентрации частиц бентонита в поверхностном/межфазном слое.

С другой стороны, принято считать, что частицы бентонита не могут оказывать непосредственное влияние на ПН водной суспензии. Поэтому для объяснения экспериментально наблюдаемых особенностей на изотермах ПН предлагают целый ряд параметров, напрямую не связанных с размерами частиц – состав жидкой фазы, наличие избыточных зарядов на поверхности [4], влияние электролитов [10]. Однако имеющиеся результаты исследований концентрационной зависимости ПН свидетельствуют о существенном влиянии частиц бентонита на величину ПН водной суспензии [3,10,11].

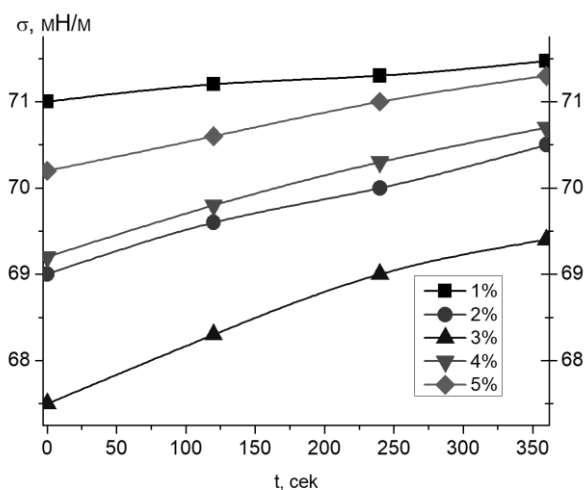
Поскольку каждому методу измерения ПН свойственны свои особенности формирования поверхности [6], все методы измерения по данному признаку можно разделить на две условные группы. К первой группе относятся методы, в процессе измерения которых происходит накопление седиментирующих частиц на поверхности (метод висящей капли, стагмометрический метод).

Ко второй группе можно отнести методы, в которых, наоборот, происходит уход частицы твердой фазы, в процессе седиментации из поверхности, т.е. в поверхностном слое со временем наблюдается снижение концентрации взвешенных частиц (методы лежащей капли, максимального давления в газовом пузырьке или в капле, метод капиллярного поднятия и др.). Очевидно, что при использовании одного из указанных методов, возникнут ошибки измерения ПН, обусловленные седиментационными процессами перераспределения частиц относительно поверхности, что приводит к зависимости величины ПН одного и того же объекта изучения от метода измерения и времени формирования поверхности. Поэтому, прежде чем приступить к рассмотрению методики измерения ПН подобных систем, необходимо было выяснить величину и направленность временной зависимости ПН и каким образом нивелировать ее влияние для получения объективного значения ПН исследуемой дисперсии.

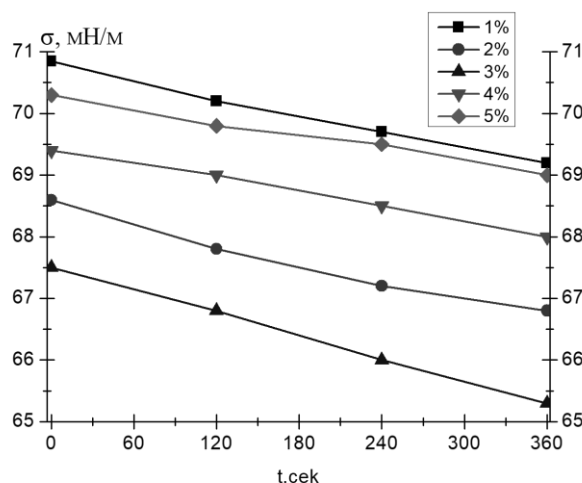
### Экспериментальная часть

Измерения ПН исследуемых образцов было проведено на установке DSA-100 [2], которая позволяет измерять ПН методами лежащей и висящей капли.

Двумя указанными методами была изучена временная зависимость ПН водных суспензий бентонита пяти различных концентраций (масс.%). Полученные результаты представлены на рис. 1 и 2.



**Рис.1.** Временная зависимость ПН суспензии бентонита с различным содержанием твердой фазы при 298 К (метод лежащей капли)



**Рис. 2.** Временная зависимость ПН суспензии бентонита с различным содержанием твердой фазы при 298 К (метод висящей капли)

Как видно из представленных изотерм на рис. 1, измерение ПН методом лежащей капли сопровождается увеличением ПН со временем образования капли.

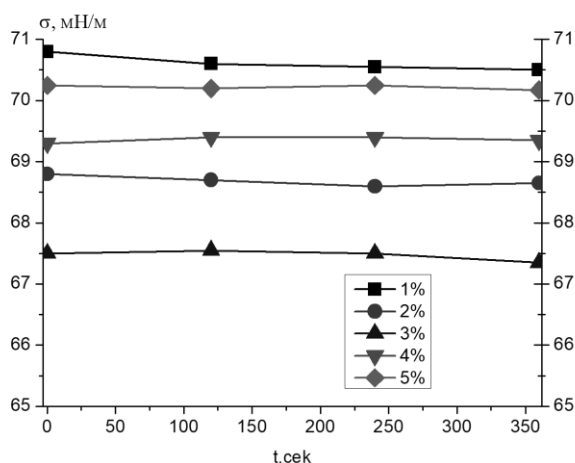
На рис. 2 представлена временная зависимость ПН, полученная методом висящей капли. Как видно из этого графика величина ПН со временем образования поверхности уменьшается. Анализ кривых из рис. 1-2 показывает, что по мере увеличения концентрации дисперсной фазы в суспензии, при сохранении линейной зависимости ПН от времени, наблюдается увеличение углового коэффициента (положительного для метода лежащей и отрицательного для висящей капли) в абсолютном выражении. Наблюдаемые изменения ПН обусловлены прежде всего тем, что при измерении ПН методом лежащей капли частицы дисперсной фазы уходят из поверхности в результате процесса седиментации, что вызывает рост ПН во времени, приближаясь к значению ПН чистой воды. Наоборот, в методе висящей капли, процесс седиментации приводит к увеличению дисперсной фазы в поверхности капли, что приводит к наблюдаемому снижению ПН со временем.

Возникает вопрос, каким образом нивелировать влияние седиментации на результаты измерения ПН суспензии. Как экстраполировать полученные результаты к результатам, которые могли бы быть получены в невесомости? Анализ и обобщение полученных результатов позволил разработать следующую методику.

Сущность предлагаемого способа измерения ПН суспензии заключается в измерении ПН двумя методами: висящей и лежащей капли [2,6]. Как было показано на рис. 1 и 2, разнонаправленный процесс седиментации указанных методов измерений приводит к тому, что в одном случае в поверхности увеличивается концентрация частиц дисперсной фазы, во втором случае происходит уменьшение. В результате временные зависимости ПН в этих двух случаях демонстрируют противоположные изменения, – при использовании метода висящей капли наблюдается линейное (в пределах погрешности измерений) уменьшение ПН (рис. 2), ПН лежащей капли линейно возрастает со временем (рис. 1). При этом временные зависимости ПН одинаковы по абсолютной величине.

Суперпозиция результатов по ПН, полученных с помощью указанных методов измерения, в которых временные зависимости ПН равны по абсолютной величине, но разнонаправлены относительно исследуемой поверхности, позволяет свести к минимуму влияние седиментации.

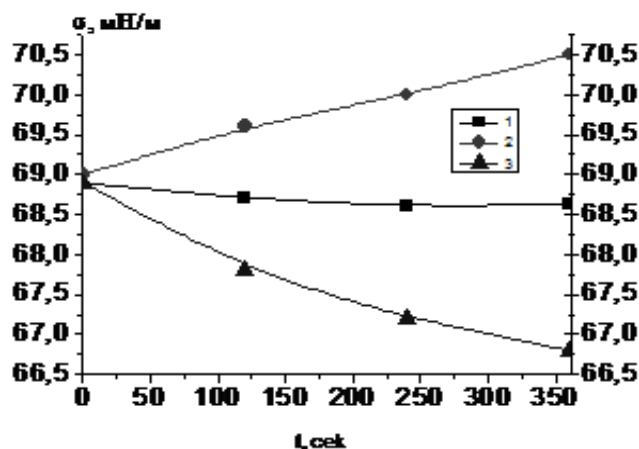
На рис. 3 представлены кривые ПН водных суспензий бентонита, полученные посредством арифметического усреднения результатов измерения ПН методами лежащей и висящей капли. Как видно из кривых, имеются лишь незначительные отклонения от прямой, находящиеся в пределах ошибки эксперимента (0.1–0.3 мН/м). Постоянство значений ПН (в пределах погрешности измерений) свидетельствует, что метод суперпозиции результатов измерений, получаемых для висящей и лежащей капель, позволяет найти ПН, характеризующее суспензию с равномерно распределёнными по объёму частицами.



**Рис. 3.** Зависимость ПН суспензии бентонита с различной концентрации дисперсной фазы (суперпозиция результатов измерения поверхностного натяжения методами лежащей и висящей капли) от времени образования поверхности, при 298 К.

Об отсутствии влияния подложки на исследуемую жидкость (в качестве подложки используется рекомендованная производителем измерительной аппаратуры стандартная, фторопластовая пластина) на величину ПН можно судить, сравнивая результаты измерений с помощью лежащей капли, которая располагается на подложке, и висящей капли, когда подложка отсутствует.

На рис. 4 представлены изотермы ПН, полученные двумя указанными методами, а также изотерма, рассчитанная методом суперпозиции, при концентрации 3% масс твердой фазы.



**Рис. 4.** Временная зависимость поверхностного натяжения суспензии бентонита при 3 масс. % дисперсной фазы: 1- суперпозиция результатов измерения ПН суспензии двумя методами; 2 - метод лежащей капли; 3-метод висящей капли, при 298 К

Как видно из изотерм 2 и 3, угол наклона обеих изотерм ПН относительно оси составов является практически симметричным, что указывает на отсутствие существенного влияния подложки на измеряемую величину ПН.

### Выводы

Поскольку скорость седиментации для одного и того же объекта, независимо от метода измерения является величиной постоянной, в методах висящей и лежащей капли, ввиду их методологических особенностей определения ПН, седиментация разнонаправлена относительно измеряемой поверхности. Поэтому концентрация твёрдых частиц будет одинакова и будет оказывать одинаковое влияние на величину ПН во времени в рассматриваемых методах измерения. Как показали представленные данные, суперпозиция результатов измерения ПН суспензии указанными методами позволяет практически исключить влияние седиментации частиц дисперсной фазы на величину ПН.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вакалова Т.В., Хабас Т.А., Погребенков В.М., Верещагин В.И. Глины. Структура, свойства и методы исследования. Томск: Изд-во ТПУ. 2005. 248 с.
2. Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З. Измерение поверхностного натяжения методом висящей капли на тензиометре DSA-100 // Сборник Труды КНИИ РАН. Грозный, 2012. № 5. С. 3-73.
3. Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З. Особенности концентрационной зависимости поверхностного натяжения водных суспензий бентонитов // Журнал физической химии. 2015. Т. 89. № 8. С. 1338–1340
4. Кочурова Н.Н., Русанов А.И., Мырзахметова Н.О. Эффект Джонса-Рея и поверхностная электризация // Журнал Доклады академии наук СССР. 1991. Т. 316. № 6. С. 1425-1427

5. Межидов В.Х., Висханов С.С., Даудова А.Л. Химический состав бентонита (месторождения Чеченской республики) // Вестник академии наук ЧР. 2013. №1 (18). С. 13-19.
6. Русанов А. И., Прохоров В. А. Межфазная тензометрия. СПб.: Химия, 1994. 397с.
7. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы и материалы. 2-е изд., доп. М.: Техполиграфцентр, 2018. 407 с.
8. Урьев Н.Б. Динамическая, агрегативная и структурная устойчивость высококонцентрированных коллоиддисперсных систем // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2017. Т. 53. № 1. С. 103-112.
9. Урьев Н.Б. Реологические и тиксотропные свойства водной суспензии бентонитовой глины, предварительно подвергнутой электродимаческому воздействию // Коллоидный журнал. 2011. Т. 73. № 1. С. 90-96.
10. Шантарин В.Д., Войтенко В. С. Физико-химия дисперсных систем. М.: Недра, 1990. 315с.
11. Dadashev R.H., Dzhambulatov R.S. Elimkhanov D.Z. Effect of Nanoscale Particles on the Surface Properties of Aqueous Suspensions of Bentonites // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics, 2018. V. 82. № 7. Pp. 902-904.

#### REFERENCES

1. Vakalova T.V., Habas T.A., Pogrebenkov V.M., Vereshchagin V.I. Clays. Structure, Properties and Methods of Research. Tomsk: Publishing house of TPU. 2005. 248 p.
2. Dadashev R.Kh., Dzhambulatov R.S., Elimkhanov D.Z. Measurement of surface tension by hanging drop method on tensiometer DSA-100 // Proceedings of KNII RAS. Grozny, 2012. № 5. Pp. 3-73.
3. Dadashev R.Kh., Dzhambulatov R.S., Elimkhanov D.Z. Features of the concentration dependence of the surface tension of aqueous suspensions of bentonite // Journal of Physical Chemistry. 2015. Т. 89. № 8. С. 1338-1340
4. Kochurova N.N., Rusanov A.I., Myrzakhmetova N.O. The Jones-Reay Effect and Surface Electrification," Journal of the Reports of the Academy of Sciences of the USSR. 1991. Т. 316. №6. Pp. 1425-1427
5. Mezhidov V.Kh., Viskhanov S.S., Daudova A.L. Chemical composition of bentonite (deposits of the Chechen Republic) // Bulletin of the Academy of Sciences of the CR. 2013. №1 (18). Pp 13-19.
6. Rusanov AI, Prokhorov VA Interfacial tensometry. SPb.: Chemistry, 1994. 397с.
7. Uryev N.B. Highly concentrated disperse systems and materials. 2nd ed., ext. Moscow: Tekhpolygraftsentr, 2018. 407 p.
8. Uryev N.B. Dynamic, aggregative and structural stability of highly concentrated colloidal disperse systems // Physicochemistry of surface and protection of materials. 2017. Т. 53. № 1. Pp. 103-112.
9. Uryev N.B. Rheological and thixotropic properties of an aqueous suspension of bentonite clay, previously subjected to electrodimactic influence // Colloidal Journal. 2011. Т. 73. № 1. С.90-96.
10. Shantarin V.D., Voytenko V. S. Physico-chemistry of dispersed systems. М.: Nedra, 1990. 315 p.

11. Dadashev R.H., Dzhambulatov R.S. Elimkhanov D.Z. Effect of Nanoscale Particles on the Surface Properties of Aqueous Suspensions of Bentonites // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics, 2018. V. 82. № 7. Pp. 902-904.